

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number :

10-149915

(43)Date of publication of application :

02.06.1998

(51)Int.Cl.

H01F 7/02

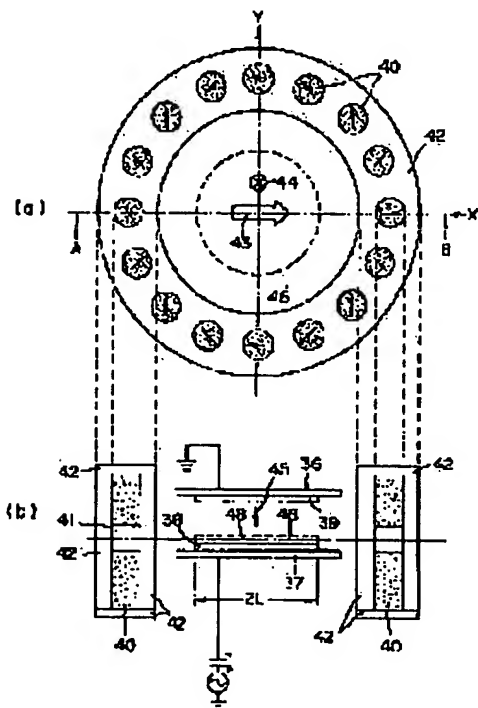
(21)Application number : 08-308092

(71)Applicant : SHIN ETSU CHEM CO LTD

(22)Date of filing : 19.11.1996

(72)Inventor : MIYATA KOJI

(54) FIELD GENERATING MAGNET FOR MAGNETRON PLASMA



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a uniform plasma over a wide extent by providing a specific number of holes through anisotropic segment cylindrical magnets composed of cylindrical magnets magnetized in the radial direction except the center axes of the cylindrical magnets and inserting pins into the holes for preventing the rotation of the magnet.

SOLUTION: A dipole ring magnet is constituted by housing a plurality of anisotropic segment cylindrical magnets 40 in a nonmagnetic frame 42. The magnets 40 are arranged so that the directions of magnetization of the magnets 40 can be oriented in the directions shown by the arrows and a magnetic field can be generated in the direction shown by the arrow 43 in the ring. At the

time of fixing the magnets 40, mechanical fixation is desirable, because the magnets 40 always receive magnetic forces from the peripheral magnets. Each magnet 40 is mechanically fixed by providing one hole into the magnet 40 and inserting a rotation preventing pin into the hole. The holes of the magnets 40 can be formed by a projection provided a metallic mold in advance.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3115243号

(P3115243)

(45) 発行日 平成12年12月4日 (2000. 12. 4)

(24) 登録日 平成12年9月29日 (2000. 9. 29)

(51) Int.Cl.⁷
H 0 1 F 7/02

識別記号

F I
H 0 1 F 7/02

T

請求項の数1 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平8-308092
(22) 出願日 平成8年11月19日 (1996. 11. 19)
(65) 公開番号 特開平10-149915
(43) 公開日 平成10年6月2日 (1998. 6. 2)
審査請求日 平成11年11月29日 (1999. 11. 29)

(73) 特許権者 000002060
信越化学工業株式会社
東京都千代田区大手町二丁目6番1号
(72) 発明者 宮田 浩二
福井県武生市北府2丁目1番5号 信越
化学工業株式会社 磁性材料研究所内
(74) 代理人 100062823
弁理士 山本 亮一 (外1名)

審査官 植松 伸二

(58) 調査した分野 (Int.Cl.⁷, DB名)
H01F 7/02

(54) 【発明の名称】 マグネトロンプラズマ用磁場発生用磁石

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 高密度プラズマを生成するマグネトロンプラズマ用磁場発生用磁石において、磁気回路が複数の異方性セグメント柱状磁石をリング状に配置したダイボールリング磁石より成り、該異方性セグメント柱状磁石は径方向に磁化した円柱磁石で、該円柱磁石の中心軸以外に1つ以上の穴を設け、該穴には回転防止用のピンを差し込んでなることを特徴とするマグネトロンプラズマ用磁場発生用磁石。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁場均一性の良好な磁場を発生させるマグネトロンプラズマ用磁石に関する。本発明のマグネトロンプラズマ用磁場発生用磁石を設けたマグネatron装置は、電気電子の分野で行われて

いるマグネトロンスパッタリングやマグネatronエッチングに用いて最適である。

【0002】

【従来の技術】 スパッタリング及びエッチングを行うのに、従来よりマグネトロンプラズマが利用されている。マグネトロンプラズマは、マグネatron装置により次のようにして作られる。まず、容器内のアルゴン等の気体中に電極を挿入して放電することにより気体がイオン化され、2次電子が生じる。この2次電子も気体分子と衝突して気体はさらにイオン化される。このとき、放電により放出された電子及び2次電子は、マグネatron装置の作る磁場と電場によって力を受け、ドリフト運動をする。従って、電子はドリフト運動をする際に、次々と気体分子に衝突をする事ができ、次々と気体をイオン化することができる。そのイオン化の際にまた新たな電子を

生み、その電子も気体分子と衝突してさらにイオン化する。マグネトロンプラズマはこのような過程を繰り返し、イオン化効率が非常に高い。以上述べたように、マグネロン装置を用いると気体のイオン化率が高く、高密度プラズマを生成することができる。このため、スパッタリング及びエッチングにマグネロン装置を用いる方法には、通常の高圧放電方式を用いる場合と比較して2～3倍の効率が得られるという利点がある。

【0003】図4に、従来のマグネロン放電装置を用いたスパッタリング装置の一例を示す。図4(a)はスパッタリング装置の縦断面図であり、図4(b)はこの装置における電子の運動を示した斜視図である。平行平板の電極10及び12の間に基板14とターゲット16が設けられ、極板12の裏面にマグネトロンプラズマ用磁場発生装置18が設置されている。両極10と12の間には通常高周波を印加するが、図4(a)には極板10が陽極で極板12が陰極になった場合の電場の向きを矢印20で示した。図4(a)で示す従来のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置18は、ドーナツ状の永久磁石22の穴の中に円盤状の永久磁石24が設けられ、それらの下面がヨーク26でつながれている。この従来のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置18の作る磁場がターゲット16上に漏洩している様子を磁力線28aおよび28bで示す。従来のマグネトロンプラズマ用磁場発生装置18によるターゲット16の面上の漏洩磁場の磁力線28aおよび28bは、斜視的に見ると図4

(b)の磁力線30のようであり、ここで、電場の向きが矢印20の向きである時、電子32は電界と磁界の外積方向にドリフト運動(以下、 $E \times B$ ドリフトという)をしながら無限軌道34を描く。その結果、電子32はターゲット16の面上に束縛され、気体のイオン化を促進する。このため、図4の装置は高密度プラズマを生成することができる。

【0004】ところで、電子のドリフト運動に寄与するのは、磁場の電場に垂直な成分である。すなわち、図4の場合にはターゲットに対して水平な成分のみが、電子をドリフト運動させて気体をイオン化するのに寄与している。図4のようなマグネトロンプラズマ用磁場発生装置を用いたマグネロンスパッタリング装置では、ドーナツ状の磁場を形成し、磁場の水平成分が場所により大きく異なり、水平磁場成分の強い領域ほど高密度プラズマが発生する。従って、水平磁場成分の強い領域ほど大きなスパッタリングが生じて、ターゲットの部分的な消耗が起きてターゲットの利用効率を下げってしまう。一般にターゲットは高価であり、経済的な問題となる。また、同様なマグネトロンプラズマ用磁場発生装置を用いたマグネロンエッチング装置でも、ウェーハの一部を集中的にエッチングするなど品質上問題が生じ、さらに不均一なプラズマのためにウェーハ面内で電位の分布を生じるために(チャージアップ)、素子の破壊を生ず

る。

【0005】このような点を解決するために、磁場成分が水平である磁場発生装置が望まれている。例えば、水平磁場を得るための装置として、複数の異方性セグメント柱状磁石をリング状に配置したダイボールリング磁石が知られている。ところで、ダイボールリング磁石に用いられている異方性セグメント柱状磁石は、断面形状が台形や正方形や円形のものがある。断面が台形の場合は、配置される位置によって磁化方向が異なり、数種類の磁化方向の異なった磁石を製作する必要がある。現在の主流の永久磁石であるフェライト磁石や希土類磁石の製造工程で、磁石の形状と磁化方向の決定は、磁石粉を金型に入れ、磁場中で成型する時に行われる。複数の磁化方向の異なった磁石を製作するという事は、磁場中成型での金型形状を複数用意することであり、複数の金型(材質にタングステンカーバイドなどの超硬材を用いるために非常に高価である)やその都度、金型交換の時間が必要で、磁石のコストを上げてしまう。そこで、断面が円のものにすれば、断面の中心を垂直に通る軸に対して対称であるために、1種類の磁石しか必要としない。このために磁石コストを下げられる。しかし、裏を返せば周方向に自由度があり、磁気回路を構成した際の磁石の位置決めは難しい。断面が正方形の磁石も1種類の磁石でダイボールリング磁石を構成できるが、同じ断面積の正方形と円とでは、断面の外接円が円の1.25倍あり、磁気回路が大型化するので好ましくない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、マグネトロンプラズマを利用したスパッタリングやエッチング装置に用いる磁場発生装置に、ダイボールリング磁石を使い、広範囲に均一なプラズマを得ることができる磁場発生用磁石を安価に提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】すなわち本発明は、高密度プラズマを生成するマグネトロンプラズマ用磁場発生用磁石において、磁気回路が複数の異方性セグメント柱状磁石をリング状に配置したダイボールリング磁石より成り、該異方性セグメント柱状磁石は径方向に磁化した円柱磁石で、該円柱磁石の中心軸以外に1つ以上の穴を設け、該穴には回転防止用のピンを差し込んでなることを特徴とするマグネトロンプラズマ用磁場発生用磁石である。以下に、これをさらに詳述する。

【0008】

【発明の実施の形態】添付の図面を参照して、本発明の実施態様の例を以下に説明する。図1(a)に、良好な水平磁場を発生する磁場発生装置の一つであるダイボールリング磁石の上面図を、また図1(b)に、図1

(a)をA-Bに沿って切断した縦断面図を示す。複数の異方性セグメント柱状磁石40が非磁性の架台42に収められ、ダイボールリング磁石が構成されている。異

方性セグメント柱状磁石40の数は8個以上で通常8～64個の間で選ばれる。図1には16個の場合を示した。異方性セグメント柱状磁石40の中に描かれた矢印は、この異方性セグメント柱状磁石の磁化の向きを表している。図1のように磁化の向きを配置すると、リング内に矢印43で示した向きの磁場が生成される。また平行平板の電極36及び37の間に基板38とターゲット39が設けられている。両極36と37の間には、通常高周波を印加するが、図1には極板36が陽極で37が陰極になった場合の電場の向きを矢印44及び45で示した。

【0009】このダイボールリング磁石をマグネトロンプラズマ用磁場発生装置にする場合、ダイボールリング磁石の長さ方向の中央断面と、プラズマの生成される空間46の中央断面とを一致させるとよい(図1(b)参照)。すなわち、スパッタリングの場合にはターゲット、エッチングの場合にはウエーハの位置を調整してダイボールリング磁石の長さ方向の中央断面に合わせる。これは、ダイボールリング磁石の長さ方向の中央部の磁場均一性の方が、端部の磁場均一性よりも良いためと、長さ方向の中央部では、原理的に磁場の水平部分のみ存在するために、中央部をプラズマの生成される空間とした方が、生成されるプラズマを、より均一にできるためである。

【0010】ダイボールリング磁石よりなる磁場発生装置により、プラズマ空間46に均一磁場を得ることができるが、このままでは電子は $E \times B$ ドリフト運動を行って図1(a)でのY軸の負方向に進み、Y軸の正方向にプラズマ密度が低く、Y軸の負方向にプラズマ密度が高いといった不均一を招く。したがって、電子ドリフト運動の向きを変えるために、ダイボールリング磁石をリングの周方向に沿って回転させる必要がある。さらに、ダイボールリング磁石の長さ方向の中央断面の磁場強度が、図1のY軸正方向が高く、Y軸負方向が低い分布になる(磁場勾配がつく)ように、異方性セグメント柱状磁石の中央部に隙間41を設けるなどして体積を調整したもの(特願平7-175889号明細書、特願平7-175898号明細書参照)も提案されている。

【0011】磁場勾配を付けたダイボールリング磁石の中央断面にあるプラズマ空間における水平磁場分布を、図3の(a)、(b)に示す。縦軸が磁場強度で横軸が位置である。また、中央断面内のプラズマの分布を図3(c)に示す。参考として、現在工業的に使用されているマグネトロンプラズマ用磁場発生装置(図4参照)による水平磁場分布とプラズマの分布を図5(a)及び(b)に示す。これと図3(c)とを比べれば、ダイボールリング磁石のプラズマの均一性が格段に良いことがわかる。以上はダイボールリング磁石によれば、広範囲に均一なプラズマを発生することができた場合である。

【0012】ところで、ダイボールリング磁石に用いら

れている異方性セグメント柱状磁石の製造コストを抑えるためには、断面形状が円形のもが、金型を1つしか必要としないために有効である。しかし、周方向に自由度があり、磁気回路を構成した際の磁石の位置決めは難しい。通常は図2(a)、(b)の様に円柱磁石50は非磁性の架台52と接着剤54で接合される。図2

(a)は横断面図、(b)は縦断面図である。接着剤は作業方法や周囲の環境によってその接着強度が大きく変化する。特に磁石の固定に関しては、磁石は周囲の磁石から絶えず磁気力を受けており、接着強度が所定の値に達していないと離脱してしまう。図2(a)、(b)の場合には回転してしまう。磁気力を受ける磁石には、機械的な固定が望まれている。しかし現在主流の永久磁石(フェライト磁石や希土類磁石)は焼結体であり、ネジ穴を開けられず、安易に機械的な固定はできない。そこで、図2(c)、(d)に示すように、円柱磁石56の中心軸以外に1つ以上の穴60を設け、穴に回転防止用のピン62を差し込めば、磁石を機械的に固定できる。この場合にも、接着剤64は用いてもよい。なお、円柱磁石の穴は、金型に備えておけばよい。

【0013】

【発明の効果】本発明によれば、従来と比べて広範囲に均一なプラズマを発生することができる。従って、これをスパッタリングに使用した場合では、ターゲットの利用効率を上げることができる。また、エッチングに使用した場合でも、高品質のエッチングができるという大きな利点がある。さらに、円柱磁石を機械的に固定でき、ダイボールリング磁石の異方性セグメント柱状磁石の製造コストを抑えられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ダイボールリング磁石よりなるマグネトロンプラズマ用磁場発生装置の(a)は上面図、(b)は(a)におけるA-Bの縦断面図である。

【図2】本発明のダイボールリング磁石を構成する柱状磁石であり、(a)は円柱磁石を用いた横断面図、

(b)は(a)の縦断面図、(c)は円柱磁石に穴を設けてピンで固定した場合の横断面図、(d)は(c)の縦断面図である。

【図3】磁場勾配を付けたダイボールリング磁石の磁場発生装置が発生する(a)水平磁場のX方向強度分布図、(b)Y方向強度分布図、(c)プラズマの分布図である。

【図4】従来の磁場発生装置からなるマグネトロンプラズマ装置であり、(a)はスパッタリング装置の縦断面図、(b)はこの装置における電子の運動を示した斜視図である。

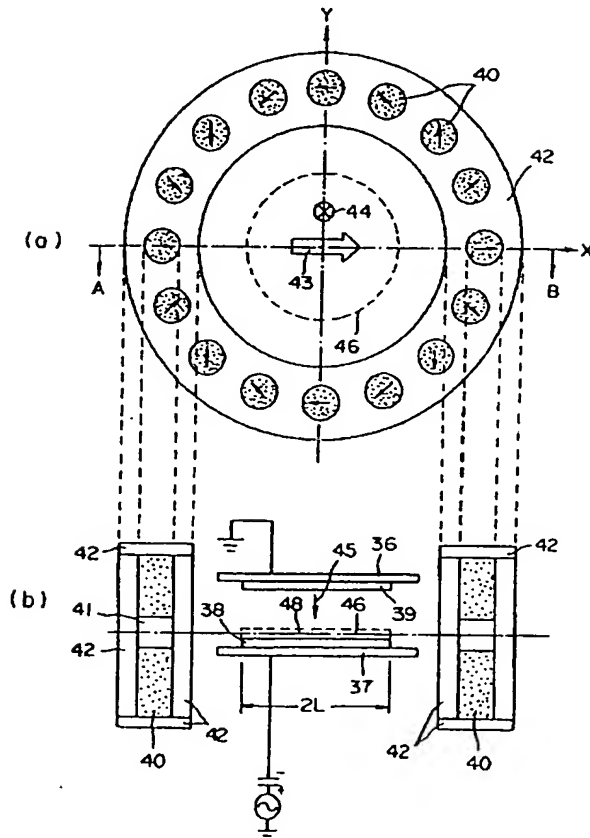
【図5】従来の図4の磁石を用いた磁場発生装置が発生する(a)水平磁場の強度分布図、(b)プラズマの分布図である。

【符号の説明】

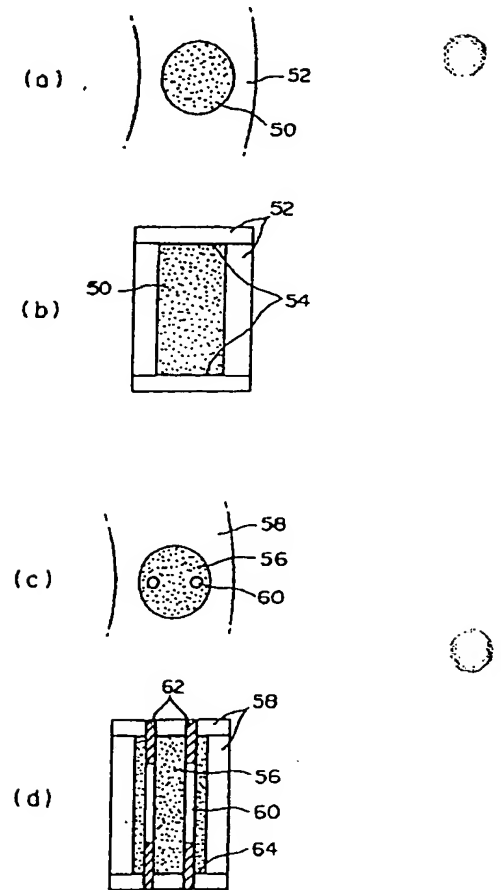
10、12、36、37 ……平行平板の電極
 14、38 ……基板
 16、39 ……ターゲット
 18 ……マグネトロンプラズマ用磁場発生装置
 20、44、45 ……電場の向き
 22 ……ドーナツ状永久磁石
 24 ……円盤状永久磁石
 26 ……ヨーク
 28 a、28 b、30 ……磁力線
 32 ……電子
 34 ……無限軌道

40 ……異方性セグメント柱状磁石
 41 ……隙間
 42、52、58 ……架台
 43 ……磁場の向き
 46 ……プラズマの生成される空間
 50 ……円柱磁石
 54、64 ……接着剤
 56 ……円柱磁石
 60 ……穴
 62 ……回転防止用のピン

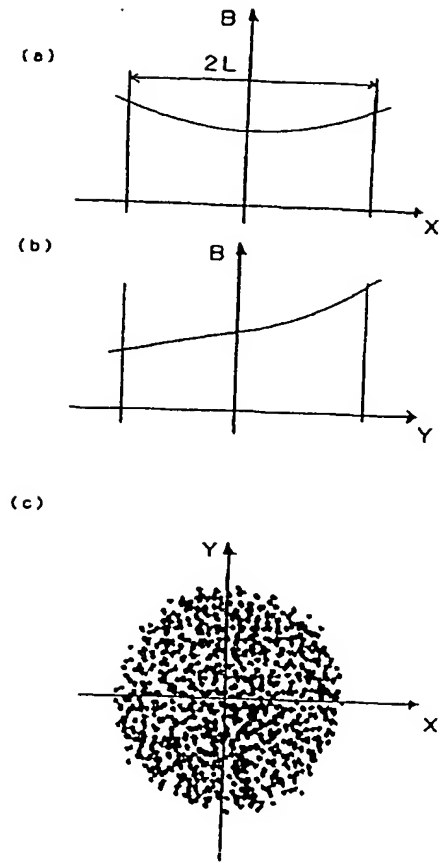
【図1】



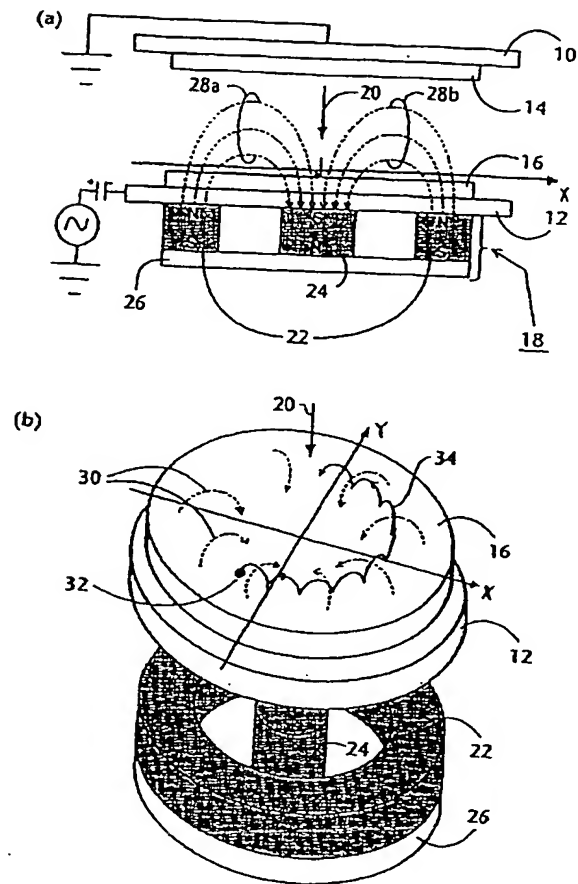
【図2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

